

# CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD SOCIODEMOGRÁFICA EN DOS DISTRITOS MADRILEÑOS ANTE RIESGOS TECNOLÓGICOS

ANA DE LAS CUEVAS SUÁREZ\* Y FRANCISCO J. ESCOBAR MARTÍNEZ\*\*

Recibido: 1-06-09. Aceptado: 15-12-09. BIBLID [0210-5462 (2009-2); 45: 137-152].

**PALABRAS CLAVE:** Núcleos chabolistas, riesgo tecnológico, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Vallecas, Vulnerabilidad.

**KEYWORDS:** Shanty dwelling, Geographic Information Systems (GIS), Informal settlements, technological risk, Vallecas, Vulnerability.

**MOTS-CLÉS:** Bidon villes, Système d'Information Géographique (SIG), risque technologique, Vallecas, vulnérabilité.

## RESUMEN

Entre los efectos adversos que conlleva el desarrollo económico, particularmente en áreas urbanas, se encuentra el incremento de fuentes potenciales de riesgo para la salud de la población.

El estudio aquí presentado tiene como objetivo profundizar en el análisis de la vulnerabilidad sociodemográfica, en dos distritos urbanos madrileños, Puente de Vallecas y Villa de Vallecas, con particular problemática social y ambiental, ante riesgos de accidentes tecnológicos. La metodología está basada en Sistemas de Información Geográfica en el que se integraron más de 70 capas temáticas.

Se ha podido establecer una zonificación del área de estudio en función de su grado de exposición y una estimación de la población expuesta. En el análisis se han incorporado los núcleos chabolistas y la población estimada residente en los mismos, presentes en el área. Además, la inclusión en el análisis del área ocupada por un futuro PAU\*\*\* ha permitido estimar las condiciones de vulnerabilidad para futuras áreas y población afectadas.

## ABSTRACT

Economic growth is accompanied by adverse effects. In urban areas, humans are increasingly exposed to potential risk sources.

The main objective of this study was to analyse population vulnerability to risks related to technological accidents in two urban districts of Madrid. The methodology was based on Geographic Information Systems (GIS) and the integration of more than 70 thematic layers.

One of the main outcomes of the project was the calculation of a synthetic index to estimate population of the area exposed to some form of risk. Informal settlements, common in the study area, were considered in the analysis. In addition, the methodology was applied to the

\*. Instituto Geográfico Nacional. [adelascuevas@fomento.es](mailto:adelascuevas@fomento.es)

\*\*. Dpto. de Geografía, Univ. de Alcalá, [francisco.escobar@uah.es](mailto:francisco.escobar@uah.es)

\*\*\*. Programa de Actuación Urbanística.

future residential area of the PAU of Vallecas (Madrid), allowing for the estimation of future areas and population subject to risk.

## RÉSUMÉ

Le développement économique est accompagné des effets non désirés. Les populations des aires urbaines sont exposées de manière croissante à des sources potentielles de risque technologique.

Leur vulnérabilité dans deux districts de Madrid, Puente de Vallecas et Villa de Vallecas, fait l'objet de cette étude. La méthodologie adoptée est basée sur des Systèmes d'Information Géographique et sur l'intégration de plus de 70 couches thématiques.

Un zonage, en fonction du degré d'exposition et des estimations des populations affectées, a été établi. Les zones correspondantes aux bidon villes, présentes dans l'aire d'étude, ainsi que la population qu'y habite, ont aussi été considérées dans l'analyse. La même méthode a été appliquée au future zone résidentielle du PAU de Vallecas ce qui a permis l'estimation des conditions de vulnérabilité de ce zone et sa population dans l'avenir.

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que aquí presentamos arrancó como segunda fase del proyecto piloto «Aplicación de Herramientas de los SIG en Salud Pública», realizado en 2004 por el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá en colaboración con el Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid (ISP). El objetivo principal de aquel trabajo consistió en la generación de una base de datos territorial que permitiera efectuar un futuro diagnóstico de los riesgos ambientales para la salud de la población de Vallecas, Madrid (GÓMEZ *et al.*, 2006).

En dicho proyecto se creó una exhaustiva y actualizada base de datos, que estructurada en 72 capas, recogía los siguientes temas: (1) localización y características temáticas de instalaciones potencialmente peligrosas para la salud, (2) demografía, (3) divisiones administrativas, (4) estaciones de control de emisiones, (5) instalaciones vulnerables y (6) infraestructuras.

La aproximación al problema de los riesgos ambientales para la salud se aborda, en el presente estudio, desde la óptica de la cartografía y el análisis espacial. Dada la frecuente confusión encontrada en la literatura en cuanto a la denominación de los aspectos relacionados con el tema que nos ocupa, creemos conveniente, antes de adentrarnos en los aspectos metodológicos, ofrecer las definiciones pertinentes.

Según ANEAS DE CASTRO (2000), *riesgo* es definido como la probabilidad de ocurrencia de un peligro. El *peligro*, por su parte, se define como la ocurrencia o amenaza de ocurrencia, de un acontecimiento natural o antrópico, por lo que se refiere al fenómeno, tanto en acto como en presencia.

Un concepto diferente sería el de *peligrosidad*, que hace referencia al conjunto de características que hacen más severo un peligro (AYALA-CARCEDO, F. J., 2000), y que, por lo tanto, está influenciado por una gran diversidad de factores, entre los que se encuentra la distancia al foco del peligro, pudiéndose establecer como función

decreciente del riesgo y por lo tanto de su peligrosidad, al considerar que disminuye su potencial dañino a medida que nos alejamos del foco.

A finales de los años noventa, la cartografía de riesgos tecnológicos empezó a cobrar importancia como respuesta a los efectos negativos de la sociedad industrializada. Entre los trabajos de la época, siempre en el ámbito de la cartografía, destacan los de ZIMMERMAN (1994), por su pionera representación de zonas sujetas a riesgos potenciales de accidentes tecnológicos, de PROPECK-ZIMMERMANN y SAINT-GERAND (2007) y muy especialmente los de DAUDÉ *et al.* (2009). *Riesgo tecnológico* hace referencia a la «probabilidad de sufrir daños o pérdidas económicas, ambientales y humanas como consecuencia del funcionamiento deficiente o accidente de una tecnología aplicada en una actividad humana» (BOSQUE *et al.*, 2004).

La cartografía de los riesgos tecnológicos comprende tres aspectos fundamentales; (1) la identificación de las actividades fuente de esos riesgos, (2) el área y trayectoria que potencialmente pueden alcanzar, y (3) los receptores sensibles al mismo (BOSQUE *et al.*, 2000).

En relación al primero, en 1961 se elaboró en España el *RAMINP: Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (RD 2412/1961)*, cuyo objetivo era evitar que las actividades incluidas en el mismo produjeran incomodidades, alterasen las condiciones normales de salubridad e higiene del medio ambiente y ocasionasen daños a las riquezas pública o privada, o implicaran riesgos graves para las personas o los bienes. Dicho reglamento sigue estando en vigor, y supone el único referente que la ordenación del territorio puede contemplar. De particular interés para este trabajo resulta el establecimiento de distancias mínimas de separación, entre actividad potencialmente peligrosa y zona residencial, recogidas en este reglamento.

El segundo componente, la exposición, hace referencia al ámbito territorial susceptible de ser dañado como resultado de la presencia de una actividad peligrosa, y se puede caracterizar a partir de la localización del agente peligroso, mediante dos elementos: alcance y forma (BOSQUE *et al.*, 2004).

Y por último, el tercer componente, la vulnerabilidad, se refiere al «grado de eficacia de un grupo social determinado para adecuar su organización frente a aquellos cambios en el medio que incorporan riesgo, que aumenta en relación directa con la capacidad del grupo humano para adaptarse al cambio, y determina la intensidad de los daños que puede producir» (CALVO GARCÍA-TORNEL, 1997).

El objetivo principal consistió en caracterizar el riesgo desde un punto de vista territorial, teniendo en cuenta la gradación o intensidad decreciente del riesgo en torno al foco. Intensidad entendida como el número de áreas sujetas al alcance de distintos focos potenciales de riesgo, como se señala más adelante.

El área de estudio comprende los distritos madrileños de Puente y Villa de Vallecas (figura 1) que cuentan con una superficie de 14,87 y de 51,47 km<sup>2</sup> y una población de 244.151 y 73.281 habitantes respectivamente en 2008.

El artículo está estructurado en tres partes: (1) la presente introducción, donde se describen los antecedentes del proyecto, definiciones de conceptos básicos relacionados con los riesgos ambientales, objetivos, y el alcance y metodología del trabajo; (2) metodología adoptada para la caracterización del riesgo; (3) análisis de la vulne-

Figura 1. Localización de los barrios y distritos de Vallecas



Fuente: Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Imagen *Quick Bird*, 2001. Elaboración propia.

rabilidad y del riesgo; (4) principales resultados obtenidos, tanto en forma numérica como cartográfica, y (5) un apartado de conclusiones en donde se desgranar logros, limitaciones del estudio y futuros desarrollos científicos que permitirían una caracterización más ajustada.

## 2. MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Además de las capas temáticas recogidas en el estudio previo (GÓMEZ *et al.*, 2006), que fueron completadas con información proporcionada por el Mapa del Sistema

Eléctrico Ibérico (Red Eléctrica Española, 2005) y la imagen de satélite QuickBird de 2001, la información recogida consistió en datos de las tablas de población del padrón continuo de la Comunidad de Madrid para distritos y secciones censales (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2008), en estimaciones de población residente en núcleos chabolistas a partir de datos del Instituto de Realojamiento e Integración Social (ZABÍA LASALA, 2003), en un análisis visual de fotografía aérea de 2004 y en datos de la tabla de la media diaria de la población atendida en cada Centro de Salud del Área Sanitaria 1 de la Comunidad de Madrid (Servicio de información del Área Sanitaria 1 de la Comunidad de Madrid, 2004), y de la tabla del número de personas que acude a los centros educativos (Base de datos DÍAZ *et al.*, 2004).

La metodología adoptada giró en torno al estudio del proyecto previo y de la bibliografía existente, análisis estadísticos, y a la aplicación de las técnicas propias de los SIG como análisis espaciales y relaciones entre capas. En relación con el último, es preciso señalar que la metodología adopta una aproximación determinista al basar el establecimiento de zonas sujetas a los potenciales focos de riesgo en el establecimiento de *buffers*, o zonas en torno a cada foco, según las distancias fijadas en el RAMINP, ya mencionado en la introducción, y no, como sería más ajustado a la realidad, en zonas de intensidad decreciente directamente proporcionales a la distancia de separación con respecto al foco. La superposición de áreas sujetas a cada tipo de riesgo ofreció como resultado una zonificación en donde se determina, de 0 a 7, el número de riesgos potenciales a que está sujeta cada zona del área de estudio. Detalles sobre la metodología pueden encontrarse en GÓMEZ *et al.* (2006) y una cartografía exhaustiva y detallada en el servidor de mapas publicado en [www.geogra.uah.es/carto-thematique-hermes/images/Fig\\_ch\\_5\\_3.html](http://www.geogra.uah.es/carto-thematique-hermes/images/Fig_ch_5_3.html) (vínculo V5Ch3\_18).

En cuanto al primer aspecto utilizado para caracterizar el riesgo, la base de datos de la que partimos incluía los agentes de riesgo de contaminación permanente de origen físico, químico y biológico, y de riesgo de ocurrencia de un accidente puntual de tipo tecnológico. En este trabajo nos hemos centrado en estos últimos, los de tipo accidental. Ello incluye incendios, explosiones, escapes de gases o líquidos, accidentes en infraestructuras de comunicación (autovías, autopistas y carreteras convencionales), accidentes en el transporte y almacenamiento de energía (gasoducto, oleoducto, gasolineras, depósitos de gasolina y subestaciones de alta tensión) y accidentes en el tratamiento de residuos (vertederos controlados e incontrolados, depuradoras, empresas estoras de residuos tóxicos y peligrosos en incineradoras).

El segundo aspecto tenido en cuenta es el área y trayectoria que potencialmente pueden alcanzar. El alcance del riesgo en el proyecto realizado por la Universidad de Alcalá se estableció, entre el ISP y el Departamento de Geografía, atendiendo a criterios que se regían, entre otros, por la normativa RAMINP y trabajos de investigación previos, además de otros criterios establecidos por los técnicos del ISP. En este trabajo se mantuvo el alcance establecido y los elementos peligrosos se representaron como elementos puntuales, a excepción de los vertederos incontrolados, que debido a su extensión fueron representados como elementos superficiales, siendo digitaliza su área aproximada. Por otro lado, con información de Red Eléctrica Española (Red Eléctrica Española, 2005), se incluyeron también como elementos peligrosos las subestaciones eléctricas de alta tensión.

### 3. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y DEL RIESGO

#### 3.1. *Análisis cuantitativo de la vulnerabilidad*

Una vez que se determinaron las áreas de exposición con la intensidad del riesgo integrada (intensidad basada en el número de áreas sujetas al alcance de distintos focos potenciales de riesgo), se contempló un tercer aspecto que completaba la caracterización del riesgo; la vulnerabilidad.

Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo en términos de su capacidad para anticipar, enfrentarse, resistir y recobrase del impacto de un peligro natural. Ello implica una combinación de factores que determinan el grado en que la vida y el sustento de los individuos son puestos en peligro por un evento identificable en la naturaleza o en la sociedad (BLAIKIE *et al.*, 1994).

Las variables que con más frecuencia se utilizan para medir la vulnerabilidad del territorio (ambiente y población) son variables sociodemográficas, económicas, culturales, y territoriales. La inclusión de estas variables responde a la distinta capacidad de respuesta que tienen las personas, en función del grupo socio-económico y cultural al que pertenecen, para reaccionar ante un evento peligroso.

El análisis cuantitativo de la vulnerabilidad se abordó por medio del cálculo de la población expuesta que acude de media diariamente a determinados equipamientos, la obtención de un índice de vulnerabilidad por secciones censales, basado en criterios económicos y sociodemográficos, y la estimación de la población expuesta residente en asentamientos informales o chabolas<sup>1</sup>. El índice de vulnerabilidad calculado para las secciones censales es obtenido a partir de variables socio-demográficas cuya disponibilidad se encuentra, como es habitual, agrupada en unidades espaciales, en este caso secciones censales, que no tiene en cuenta la distribución real, sobre el territorio, de esa población. Un resultado más realista podría obtenerse si se contaran con datos de población agrupados en áreas residenciales, y no en el conjunto de cada sección censal, pero la no disponibilidad de esta información requeriría la realización de un trabajo de gran envergadura que constituiría, en sí mismo, un proyecto individual y sobrepasaría los límites de nuestro proyecto.

##### 3.1.1. Población expuesta en los equipamientos sensibles

Además de considerar los domicilios como lugar donde se materializa la vulnerabilidad de la población, se estimó la presencia de población en equipamientos que,

1. Según el Diccionario de la Real Academia Española, chabola es una vivienda de escasas proporciones y pobre construcción, que suele edificarse en zonas suburbanas. En el contexto de Vallecas responde al concepto de infravivienda, denominado también ranchito, fabela, chamizo, y otros que varían según los países.

como los centros sanitarios y los centros educativos, cuentan durante el día, de forma casi continua, con la presencia de grupos numerosos de personas cuya capacidad de respuesta ante un potencial accidente es limitada.

Esta estimación se basó en datos proporcionados por el Área Sanitaria 1 de la Comunidad de Madrid (Servicio de información del Área Sanitaria 1 de la Comunidad de Madrid, 2004) y por los datos facilitados del *Proyecto piloto de aplicación de herramientas SIG en salud pública* (DÍAZ *et al.*, 2004). Esta información, superpuesta a las zonas calculadas de exposición al riesgo, ofreció como resultado el que cerca de 1500 personas que acuden a los centros educativos se encuentran en zonas muy próximas a determinados agentes de riesgo (zonas de máxima intensidad), y en el caso de los centros sanitarios, cerca de 2000 personas se encuentran en áreas de intensidad alta.

Al igual que en el caso del riesgo, una cartografía detallada correspondiente a la vulnerabilidad puede consultarse en [www.geogra.uah.es/carto-thematique-hermes/images/Fig\\_ch\\_5\\_3.html](http://www.geogra.uah.es/carto-thematique-hermes/images/Fig_ch_5_3.html) (vínculo V5Ch3\_18).

### 3.1.2. Población censada expuesta

Para el cálculo y caracterización la población expuesta se obtuvieron los indicadores demográficos retenidos para el cálculo de la vulnerabilidad y de la calidad ambiental por secciones censales, a partir de: nivel de renta media anual, porcentaje de desempleo, analfabetismo, nivel de estudios de la población y la percepción de los residentes sobre problemas ambientales (ruido, contaminación, delincuencia, falta de comunicaciones y zonas verdes), a partir de información del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2001), según lo señalado al respecto por BLAIKIE *et al.* (1994).

A partir de estas variables se obtuvo un único índice con el que se establecieron cinco grados de vulnerabilidad, desde el grado más bajo, que representaría a las secciones con nivel de renta y de estudios elevado, y con un paro y deficiencias en las viviendas muy bajo, hasta el grado de vulnerabilidad más elevado, indicando la situación opuesta. A continuación se realizó un análisis de superposición vectorial en SIG con el objeto de conocer el número de personas que se encontraban en las áreas influencia del riesgo en función de su vulnerabilidad.

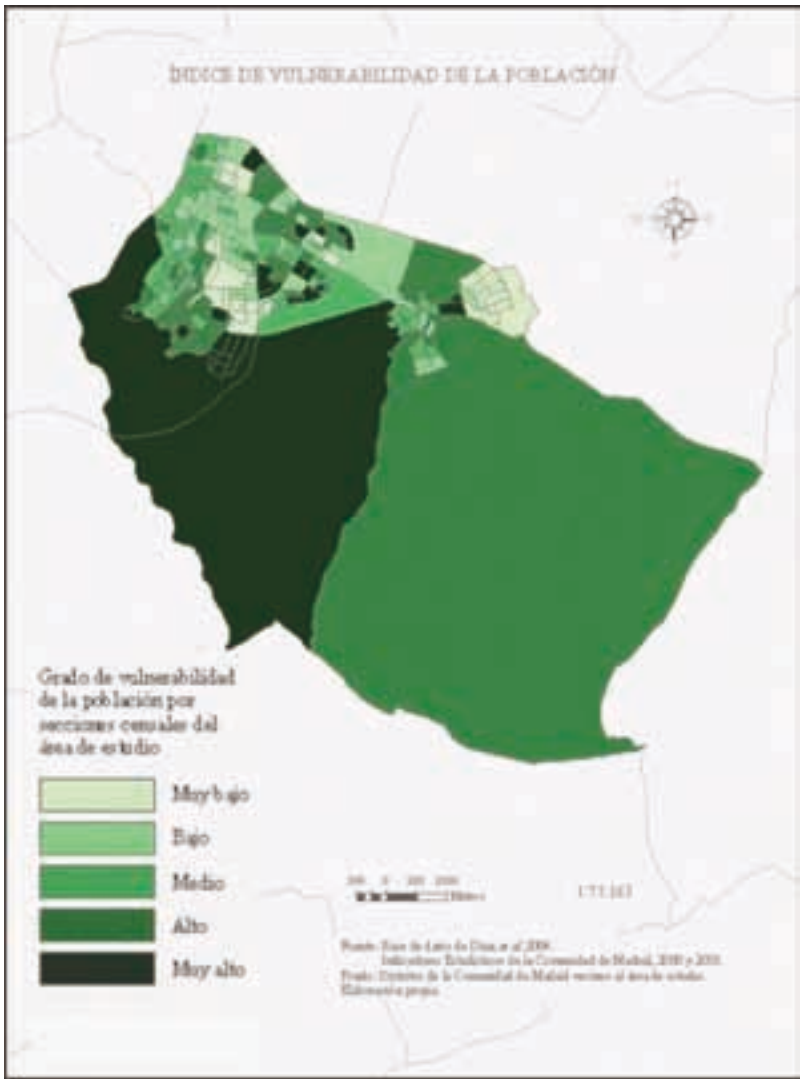
En cuanto a su relación con la exposición, resultó relevante el hecho de que en las áreas de exposición de los vertederos incontrolados y de las carreteras, reside un número significativo de personas con un grado de vulnerabilidad muy alto. Al relacionar la vulnerabilidad con el grado de intensidad, se obtuvo, entre otros datos, que el 15,3 % de la población con el grado de vulnerabilidad más alto, se encuentra en lugares de máxima intensidad.

### 3.1.3. Población expuesta de los núcleos chabolistas

La tercera parte del análisis de la vulnerabilidad consistió en analizar los núcleos chabolistas. Según ZABÍA LASALA (2003), en el área de estudio se estima la existencia de 372 familias, repartidas en un total de 11 núcleos, con una población aproximada de



Figura 2. Índice de vulnerabilidad por secciones censales



Fuente: «Indicador de Renta bruta Disponible Territorializada» de 2000, del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Elaboración propia

1622 personas (tabla 1). Con el objeto de determinar la distribución de este grupo de población, se cartografiaron, por medio de fotografías aéreas de 2004, los núcleos y las chabolas estimadas en cada uno de ellos, creando una capa con las zonas chabolistas o poblados, y otra con las chabolas representadas individualmente por puntos (figura 3).



Figura 3. Localización, extensión y población de núcleos chabolistas



Fuente: Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Imagen *Quick Bird*, 2001. Instituto de Realojamiento e Integración Social, 2003. Elaboración propia.

En los datos obtenidos se observó la localización extremadamente cercana de las chabolas de La Cañada a la empresa que gestiona los residuos tóxicos en Valdemingómez<sup>2</sup>, además de la cercanía de varios núcleos a los vertederos incontrolados, al citado complejo de Valdemingómez, al gasoducto y a las industrias de nivel más peligroso.

2. En el conocido complejo medioambiental de Valdemingómez se localiza la incineradora de la Comunidad de Madrid, una empresa gestora de residuos tóxicos y peligrosos y el vertedero controlado de residuos sólidos urbanos.

Tabla 1. *Núcleos chabolistas. Identificador, nombre, familias y habitantes*

<i>Id</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>Nº familias</i>	<i>Nº habitantes</i>
1	Santa Catalina	115	405
2	Trigales	14	54
3	C/Particular Santa Catalina	9	45
4	Estación de Santa Catalina	12	60
5	El Cristo	12	44
6	Barranquillas	111	438
7	Cañada de los Canteros	13	65
8	Camino de Barranquillas	37	185
9	La Gavia	13	65
10	Camino del Vertedero	13	65
11	Cañada Real	36	180

Fuente: Instituto de Realojamiento e Integración Social, 2003. Elaboración propia.

3.2. *Riesgo Sintético*

El riesgo ante un peligro puede caracterizarse mejor si se consideran simultáneamente los dos elementos mencionados: exposición (en este caso con la intensidad

Figura 4. *Riesgo tecnológico sintético*



Fuente: Área Sanitaria 1 de Madrid, 2004. Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Elaboración propia.

integrada) y vulnerabilidad (Bosque *et al.*, 2000). Por ello, una de las formas de obtener el mapa de riesgos final, sería mediante la combinación de ambos, (A) la amenaza, y (V) la vulnerabilidad (Lowry *et al.*, 1995 en Ahamdanech *et al.*, 2002):

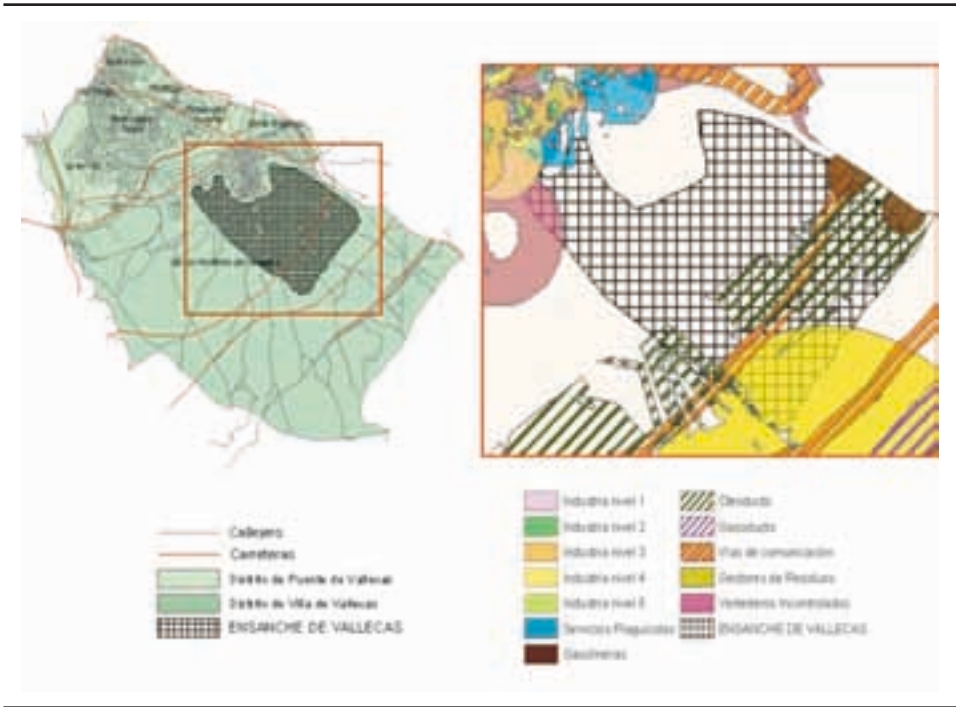
$$R = A * V$$

En los mapas obtenidos con los diferentes grados de riesgo y la población expuesta se observó que los de mayor riesgo son los que se encuentran en la zona cercana al polígono industrial de Vallecas Sur, y en los núcleos chabolistas de Santa Catalina, Barranquillas y de La Cañada (Figura 4) .

3.3. Previsión del riesgo

Además de tener en cuenta la población actualmente expuesta, se consideró relevante el estudio de la población que potencialmente va a estar expuesta en el futuro ensanche Vallecas (<http://paudevallecas.org/>), en el que se estima residirán unas 100.000 personas en 2010.

Figura 5. Áreas de exposición al riesgo en el mapa futuro de Vallecas



Fuente: Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Imagen *Quick Bird*, 2001. Elaboración propia.

En la Figura 5 se observa la zona donde se localizarán las nuevas viviendas, y de forma superpuesta las áreas de influencia de las actividades potencialmente peligrosas, ocupando aproximadamente el 40% de la superficie del ensanche, por lo que la población expuesta se verá incrementada en un 23%.

Actualmente, a excepción del núcleo de la Cañada, la población se encuentra relativamente alejada del complejo de Valdemingómez, el oleoducto y el gasoducto.

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

A partir del análisis espacial, se pueden extraer los principales resultados del riesgo en relación a la vulnerabilidad de la población. Los agentes de riesgo se encuentran ocupando un porcentaje importante de la superficie total del área de estudio, el 57 %, englobando casi la totalidad de uno de los barrios; el de San Diego (tabla 2).

Los resultados son muy reveladores; la población censada expuesta a alguno de los focos considerados en el análisis supone el 51% sobre un total de 297.836 personas; el 76% de las personas pertenecientes a los núcleos chabolistas residen en alguna de las áreas de exposición a los agentes de riesgo (sobre 1.622 personas); y finalmente, el 46,5% de la población estimada en 25.723 que acude como media diariamente a los equipamientos considerados sensibles, está afectada por alguno de los focos de peligro. En la tabla 2, se muestra el número de personas en función del grado de vulnerabilidad y de riesgo, y puede observarse un número elevado de personas con un grado de vulnerabilidad muy alto, en zonas de riesgo bajo, medio y alto, a diferencia de las personas con un grado bajo de vulnerabilidad.

En cuanto a la concentración de los agentes potenciales de riesgo y sus áreas de exposición, destacan cuatro zonas:

- Área en torno al polígono industrial de Vallecas Sur al norte del barrio de Casco Histórico de Vallecas, donde se concentran los cinco niveles de peligro establecidos para la industria por el ISP, los servicios y establecimientos plaguicidas, las estaciones de servicio y las vías de comunicación. En esta zona no reside un número elevado de personas. No obstante el grado de vulnerabilidad es muy alto, por lo que el riesgo total es muy elevado igualmente.
- Barrio de Santa Eugenia. Es un área cercana a la zona industrial «la Arboleda». Posee un grado de vulnerabilidad medio y tampoco se caracteriza por contener un número elevado de personas residentes.
- Núcleo chabolista de Santa Catalina. Por su carácter de barrio marginal tiene un grado muy alto de vulnerabilidad. Como se ha visto, la población que alberga junto con los núcleos chabolistas colindantes, es de unas 450 personas, cerca del 30% del total de la población chabolista.
- Complejo medioambiental de Valdemingómez, en torno al núcleo chabolista de La Cañada, donde se localiza la incineradora de la Comunidad de Madrid, una empresa gestora de residuos tóxicos y peligrosos en una de las plantas del complejo, y el vertedero de residuos sólidos.

Tabla 2. *Número de personas expuestas en relación a la vulnerabilidad y al riesgo*

<i>Grado de riesgo</i>	<i>Grado de vulnerabilidad</i>	<i>Número de personas</i>
MUY BAJO	Muy bajo	26.899
	Bajo	20.495
	Medio	29.586
	Alto	0
	Muy alto	0
	TOTAL	76.981
BAJO	Muy bajo	0
	Bajo	7.619
	Medio	11.204
	Alto	17.674
	Muy alto	36.362
	TOTAL	72.858
MEDIO	Muy bajo	0
	Bajo	13
	Medio	63
	Alto	10.225
	Muy alto	12.228
	TOTAL	22.528
ALTO	Muy bajo	0
	Bajo	0
	Medio	565
	Alto	0
	Muy alto	0
	TOTAL	565
MUY ALTO	Muy bajo	0
	Bajo	0
	Medio	0
	Alto	0
	Muy alto	300
	TOTAL	300
TOTAL	Muy bajo	26.899
	Bajo	28.127
	Medio	41.418
	Alto	27.899
	Muy alto	48.890
	TOTAL	173.233

Fuente: Base de datos de Díaz *et al.*, 2004. Elaboración propia.

Por último, extremadamente próximo al complejo de Valdemingómez y en especial a la incineradora, se encuentra otro agente de riesgo; el gasoducto y una vía de comunicación. El camino para acceder al vertedero, que como pudimos comprobar en el trabajo de campo, se encuentra continuamente frecuentado por camiones circulando

con todo tipo de residuos, entre ellos los de carácter tóxico y peligroso, al pie del núcleo chabolista de La Cañada.

La zona de chabolas de La Cañada y el futuro ensanche de Vallecas merecen ser destacados, por presentar en el primer caso, una vulnerabilidad de su población muy elevada, y en el segundo, por estar previsto que en un futuro próximo resida un número significativo de personas. Ambas poblaciones se encuentran en el área de exposición de las instalaciones de mayor alcance, y además, dichas instalaciones se encuentran extremadamente cercanas entre ellas, incrementando la peligrosidad y por lo tanto el riesgo de producirse un accidente.

En resumen, en las áreas de exposición e intensidad de los agentes más peligrosos (la incineradora, los depósitos de gasolina, la empresa gestora de residuos tóxicos y las industrias del nivel más peligroso) no reside actualmente un número significativo de personas aunque esto cambiará tan pronto como se ocupe el PAU de Vallecas.

## 5. CONCLUSIÓN

Desde una perspectiva territorial, con la ayuda de los SIG, se ha caracterizado el riesgo tecnológico potencial en Vallecas. Igualmente ha sido caracterizada la población vallecana en función de la vulnerabilidad y en relación con el riesgo establecido. La inclusión, por medio de fotos aéreas, de la población chabolista ha permitido su localización precisa así como su análisis cuantitativo. Finalmente, la elaboración cartográfica, detallada y completa, ha facilitado la interpretación de la información y la creación de una serie de tablas que permiten dar respuesta a multitud de cuestiones, así como el conocimiento detallado del área de estudio en relación a la población y los riesgos.

El análisis de la vulnerabilidad de la población frente a los riesgos tecnológicos supone un campo de investigación de gran relevancia para conocer la susceptibilidad de la población y proponer escenarios de actuación ante un eventual accidente.

En el área de estudio nos hemos encontrado con una población que posee una características sociales, económicas y culturales muy desfavorecidas, con porcentajes de analfabetismo que alcanzan valores extremadamente elevados (el 16%), personas sin ningún tipo de estudios (45%), niveles de renta media de alrededor de los 5000 euros anuales y deficiencias en cerca del 80% de las viviendas.

Esta preocupante situación se ve agravada por la existencia de elementos antrópicos en un número y grado de peligrosidad muy elevado, además de estar muchos de ellos únicamente presentes en esta zona, como es el caso de la incineradora.

Con este estudio se pone en evidencia la preocupante situación en relación a los riesgos, así como la patente desigualdad social y territorial que se vive entre unas áreas y otras del municipio de Madrid, especialmente en la sección sureste, con la presencia del oleoducto y gasoducto y de otros muchos agentes potenciales de riesgo, tanto en número como en peligrosidad y concentración.

Los distritos de Puente y Villa de Vallecas son paradigmáticos por presentar de manera significativamente negativa los dos componentes que se han utilizado para caracterizar el riesgo: el elevado número de agentes y su extrema concentración, y

el destacado grado de vulnerabilidad de la población. Si no se toman medidas, esta situación se verá empeorada tras la ocupación del PAU de Vallecas.

La finalidad de este trabajo ha sido avanzar y profundizar en los estudios de riesgos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y salud de la población mediante la previsión del alcance de los posibles accidentes que pueden desencadenarse, además de ofrecer la oportunidad de dar continuidad a los análisis realizados, y servir de ejemplo para el estudio del riesgo en otras zonas desfavorecidas. Por otro lado, la metodología adoptada se ha mostrado como una prometedora aproximación a los problemas socio-ambientales de nuestro entorno que merece la pena explorar en mayor profundidad.

Consideramos de especial relevancia la cartografía, e inclusión en el estudio, de los núcleos chabolistas. La importante población residente en los mismos así como sus especiales características de marginalidad son razón suficiente para que sean considerados en este tipo de estudios, lo cual, si nos hubiéramos atendido a las fuentes oficiales, hubiera resultado imposible.

Obviamente, el estudio se resiente de ciertas limitaciones como son la necesidad de mantener viva y actualizada la base de datos si se pretende su utilización en la aplicación de medidas correctoras. Por otro lado, es conveniente subrayar que la metodología adoptada se ha basado en una aproximación determinista, estableciendo áreas de influencia de los factores potenciales de riesgo determinadas según los umbrales de distancia establecidos por la legislación y por estudios previos. El área de influencia de un accidente real no respetaría estas áreas sino que quedaría conformada también según variables que no han sido incluidas en el estudio como son las condiciones climatológicas del momento del accidente. Tampoco se ha baremado cada riesgo potencial de forma individual sino que todos ellos han sido contemplados de forma idéntica. En este sentido, un análisis pormenorizado de cada riesgo permitiría afinar más en el establecimiento de la cartografía de áreas expuestas a los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHAMDANECH ZARCO, I., BOSQUE SENDRA, J. y PÉREZ ASENSIO, E. (2002): «Vulnerabilidad del territorio ante los riesgos naturales: una propuesta de medición en Honduras tras el paso del huracán Mitch». *Estudios Geográficos*.
- ANEAS DE CASTRO, S. (2000): «Riesgos y peligros: una visión desde la geografía», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Nº 60.
- AYALA-CARCEDO, F. J. (2000): «La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población», *Boletín de la A.G.E. N.º 30*.
- BLAICKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., y WISNER, B. (1994): *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Londres, Routledge.
- BOSQUE SENDRA, J., DÍAZ CASTILLO, C., DÍAZ MUÑOZ, M. A., GÓMEZ DELGADO, M., GONZÁLEZ FERREIRO, D., RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. M., SALADO GARCÍA, M. J. (2004): «Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la Comunidad de Madrid», *GeoFocus*, nº 4, págs. 44-78.
- BOSQUE SENDRA, J.; DÍAZ MUÑOZ, M. A.; GÓMEZ DELGADO, M.; RODRÍGUEZ DURÁN, A. E. y



- RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. M. (2000): «Sistemas de Información Geográfica y Cartografía de Riesgos Tecnológicos. El caso de las instalaciones para la gestión de residuos en Madrid», *Industria y Medio Ambiente*. Actas de VII Jornadas de Geografía Industrial. Alicante, 27-29 de octubre de 1999, págs. 315-326.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1997): «Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 10.
- DAUDÉ, E., PROVITOLO, D., DUBOS-PAILLARD, E., GAILLARD, D., ELIOT, E., LANGLOIS, P., PROPECK-ZIMMERMANN, E. y SAINT-GÉRARD, T. (2009): «Spatial risks and complex systems : methodological perspectives», en Springer (eds.) *Understanding Complex Systems*, Berlin, Springer, págs. 165-178.
- DÍAZ CASTILLO, C., ESCOBAR MARTÍNEZ F. J., GÓMEZ DELGADO, M., RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. M., SALADO GARCÍA, M. J. (2004): *Análisis espacial de riesgos ambientales para la salud. Proyecto piloto de aplicación de herramientas SIG en salud pública (desarrollado en el Área 1 Sanitaria 1, para el apoyo del plan Vallecas)*. Informe presentado al Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid, documento interno. Alcalá de Henares. Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá, 144 págs.
- DÍAZ MUÑOZ, M. A. y DÍAZ CASTILLO, C. (2002): «El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas», *Serie Geográfica*, 10, págs. 27-41.
- GÓMEZ DELGADO, M., DÍAZ CASTILLO, C.; ESCOBAR MARTÍNEZ, F. J.; RODRÍGUEZ ESPINOSA, V.M. y SALADO GARCÍA, M. J. (2006): «Caracterización de los riesgos ambientales para la salud. Puesta a punto de un SIG en dos distritos del Sureste de Madrid», *Serie Geográfica*, Vol. 12, pp. 11-36.
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2001, 2003, 2008): *Estadísticas demográficas, de vivienda y socio-económicas*. CD-ROM.
- LOWRY, J. H.; MILLER, H. J. y HEPNER, G. F. (1995): «A GIS-based sensitivity analysis of community vulnerability to hazardous contaminants on the Mexico/US border» en *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 61, nº 11, págs. 1347-1359.
- PROPECK-ZIMMERMANN, E. y SAINT-GERAND, T. (2007) : « Probabilités, risques et gestion territoriale: champs d'action des PPRT », *Revue de géographie de Lyon*, Vol. 82, Nº. 1-2, págs. 65-76.
- Real decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas. BOE del 7 de diciembre de 1961.
- Red Eléctrica Española (2005): *Mapa del Sistema Eléctrico Ibérico*. Red Eléctrica Española
- Servicio de información del Área Sanitaria 1 de Madrid (2004): *Datos de población de centros sanitarios y población*. Tabla de la media diaria de la población atendida en cada Centro de Salud del Área Sanitaria 1 de la Comunidad de Madrid. Servicio de información del Área Sanitaria 1 de Madrid.
- ZABÍA LASALA, M. (2003): *Informe anual 2003*. Madrid. Instituto de Realojamiento e Integración Social de la Comunidad de Madrid.
- ZIMMERMANN, E. (1994) : *Risque technologique majeur. Conditions de production et rôle des outils cartographiques dans le processus d'identification et de gestion*, Tesis doctoral, Universidad Louis Pasteur, Estrasburgo, 301 págs.